

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international(43) Date de la publication internationale  
23 mai 2002 (23.05.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 02/40722 A1(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : C21D 8/02,  
C22C 38/10(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR01/03595(22) Date de dépôt international :  
16 novembre 2001 (16.11.2001)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
00/14807 17 novembre 2000 (17.11.2000) FR(71) Déposant : IMPHY UGINE PRECISION [FR/FR]; Im-  
meuble "La Pacific", La Défense 7, 11-13, cours Valmy,  
F-92800 Puteaux (FR).(72) Inventeur : COUTU, Lucien; Flatt 117, North end House,  
Ory London W14 (FR).(74) Mandataire : LAGRANGE, Jacques; Immeuble "La Pa-  
cific", La Défense 7, 11/13, cours Valmy, F-92070 la De-  
fense Cedex (FR).(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AU, AZ,  
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CN, CO, CR, CU, CZ, DM,  
DZ, EC, EE, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP,  
KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, RO, RU, SD,  
SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU,  
ZA, ZW.(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE,  
LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet  
eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet  
européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR,  
IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ,  
CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,  
TD, TG).

## Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abrégia-  
tions, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et  
abrégiactions" figurant au début de chaque numéro ordinaire de  
la Gazette du PCT.

(54) Title: METHOD FOR MAKING A STRIP OR A WORKPIECE CUT OUT FROM A COLD ROLLED MARAGING STEEL  
STRIP(54) Titre : PROCEDE POUR FABRIQUER UNE BANDE OU UNE PIECE DECOUPEE DANS UNE BANDE EN ACIER MA-  
RAGING LAMINEE A FROID

(57) Abstract: The invention concerns a method for making a strip or a workpiece cut out from a cold rolled maraging steel strip and hardened by a hardening heat treatment, which consists, prior to the heat treatment, in subjecting the strip or the workpiece to cold plastic deformation with a rate of strain hardening more than 30 % and in subjecting the strip or the workpiece to a recrystallization annealing so as to obtain a fine grain of ASTM index more than 8. The maraging steel composition comprises, by weight: 12 % ≤ Ni ≤ 24.5 %; 2.5 % ≤ Mo ≤ 12 %; 4.17 % ≤ Co ≤ 20 %; Al ≤ 0.15 %; Ti ≤ 0.1 %; N ≤ 0.003 %; Si ≤ 0.1 %; Mn ≤ 0.1 %; C ≤ 0.005 %; S ≤ 0.001 %; P ≤ 0.005 %; H ≤ 0.0003 %; O ≤ 0.001 %; the rest being iron and impurities resulting from preparation of the composition, the composition further satisfying the following relationships: 20 % ≤ Ni + Mo ≤ 27 %; 50 ≤ Co x Mo ≤ 200; Ti x N ≤ 2 x 10<sup>-4</sup>. The invention also concerns the resulting strip.

(57) Abrégé : Procédé pour la fabrication d'une bande ou d'une pièce dans une bande en acier maraging laminée à froid et durcie par un traitement thermique de durcissement, selon lequel avant d'effectuer le traitement thermique de durcissement, on soumet la bande ou la pièce à une déformation plastique à froid avec un taux d'écrouissage supérieur à 30 % et on soumet la bande ou la pièce à un recuit de recristallisation de façon à obtenir un grain fin d'indice ASTM supérieur à 8. La composition de l'acier maraging comprend, en poids: 12 % ≤ Ni ≤ 24.5 %; 2.5 % ≤ Mo ≤ 12 %; 4.17 % ≤ Co ≤ 20 %; Al % ≤ 0.15 %; Ti ≤ 0.1 %; N ≤ 0.0003 %; Si ≤ 0.1 %; Mn ≤ 0.1 %; C ≤ 0.0005 %; S ≤ 0.001 %; P ≤ 0.005 %; H ≤ 0.0003 %; O ≤ 0.001 %; le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, la composition chimique satisfaisant en outre les relations: 20 % ≤ Ni + Mo ≤ 27 %; 50 ≤ Co x Mo ≤ 200; Ti x N ≤ 2 x 10<sup>-4</sup>. Bande ou pièce obtenue.

WO 02/40722 A1

## PROCEDE POUR FABRIQUER UNE BANDE OU UNE PIECE DECOUPEE DANS UNE BANDE EN ACIER MARAGING LAMINEE A FROID

La présente invention est relative à un acier maraging particulièrement adapté à la fabrication de pièces nécessitant une très bonne résistance à la fatigue.

5 De nombreuses pièces sont fabriquées à partir de bandes en acier maraging contenant, en % en poids, environ 18% de nickel, 9% de cobalt, 5% de molybdène, 0,5% de titane et 0,1% d'aluminium, traité pour avoir une limite d'élasticité supérieure à 1800 MPa. Ces bandes sont obtenues par laminage à chaud et laminage à froid. Les bandes ou les pièces découpées dans les bandes sont ensuite durcies par un  
10 traitement thermique de durcissement vers 500°C. Les pièces sont éventuellement nitrurées en surface pour améliorer leur tenue en fatigue. Cependant la tenue en fatigue de ces pièces est insuffisante.

Afin d'améliorer la tenue en fatigue des pièces, il a été envisagé d'utiliser des aciers maraging ayant des compositions chimiques et des caractéristiques  
15 mécaniques différentes, telles que des aciers maraging contenant 18% de nickel, 12 % de cobalt, 4% de molybdène, 1,6% de titane et 0,2% d'aluminium, ou des aciers maraging contenant 18 % de nickel, 3% de molybdène, 1,4% de titane et 0,1% d'aluminium, ou encore, des aciers maraging contenant 13% de chrome, 8% de nickel, 2% de molybdène et 1% d'aluminium. Mais aucun de ces aciers n'a donné de  
20 résultats satisfaisants. Les tenues à la fatigue étant toujours inférieures à celle des pièces fabriquées avec l'acier habituel.

Le but de la présente invention est de remédier à cet inconvénient et de proposer une bande ou une pièce en acier maraging ayant une tenue à la fatigue améliorée.

25 A cet effet, l'invention a pour objet un procédé pour de fabrication d'une bande ou une pièce découpée dans une bande en acier maraging laminée à froid. Selon ce procédé, avant d'effectuer le traitement thermique de durcissement, on soumet la bande ou la pièce à une déformation plastique à froid avec un taux d'écrouissage supérieur à 30% et on et on soumet la bande ou la pièce à un recuit de  
30 recristallisation de façon à obtenir un grain fin d'indice ASTM supérieur à 8. La composition chimique de l'acier comprend, en poids :

$$12\% \leq \text{Ni} \leq 24,5\%$$

$$2,5\% \leq \text{Mo} \leq 12\%$$

$$4,17\% \leq \text{Co} \leq 20\%$$

$$\text{Al}\% \leq 0,15\%$$

$$\text{Ti} \leq 0,1\%$$

$$\text{N} \leq 0,003\%$$

$$\text{Si} \leq 0,1\%$$

5

$$\text{Mn} \leq 0,1\%$$

$$\text{C} \leq 0,005\%$$

$$\text{S} \leq 0,001\%$$

$$\text{P} \leq 0,005\%$$

$$\text{H} \leq 0,0003\%$$

10

$$\text{O} \leq 0,001\%$$

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, la composition chimique satisfaisant en outre les relations :

$$20\% \leq \text{Ni} + \text{Mo} \leq 27\%$$

$$50 \leq \text{Co} \times \text{Mo} \leq 200$$

15

$$\text{Ti} \times \text{N} \leq 2 \times 10^{-4}$$

Eventuellement, après le recuit de recristallisation, on soumet la bande ou la pièce à un laminage à froid avec un taux de réduction compris entre 1% et 10%.

De préférence, l'acier maraging est refondu sous vide par le procédé VAR ou refondu une première fois sous vide par le procédé VAR ou sous laitier électroconducteur par le procédé ESR et refondu une seconde fois sous vide par le procédé VAR.

L'invention concerne également une bande ou pièce, d'épaisseur inférieure à 1 mm, en acier maraging ayant un grain fin d'indice ASTM supérieur à 8 et une limite d'élasticité après durcissement supérieure à 1850 MPa.

La bande ou la pièce ainsi obtenue peut être utilisée pour la fabrication de pièces telles que des courroies. Ces pièces sont durcies par un traitement de durcissement entre 450 et 550°C pendant 1 à 10 heures qui peut être suivi d'une nitruration en surface.

L'invention va maintenant être décrite plus en détails mais de façon non limitative.

Pour fabriquer une bande laminée à froid en acier maraging selon l'invention, on élabore l'acier en visant un carbone inférieur à 0,005% puis en désoxydant à l'aluminium.

L'acier ainsi élaboré est coulé sous forme d'électrodes de refusion. Ces électrodes sont soit refondues sous vide (procédé VAR, « Vacuum Arc Remelting » connu en lui-même ) pour former des lingots ou des brames, soit refondues une première fois sous vide (VAR) ou sous laitier électroconducteur (procédé ESR, « Electro Slag Remelting », connu en lui-même) pour former des secondes électrodes qui sont elles-mêmes refondues sous vide (VAR) pour former des lingots ou des brames. On réalise ainsi soit une simple refusion VAR soit une double refusion VAR + VAR ou ESR + VAR. Ces refusions permettent d'épurer le métal et d'améliorer la qualité de la solidification en réduisant les ségrégations. En particulier, la refusion ESR permet d'abaisser la teneur en soufre, et la refusion VAR permet d'abaisser la teneur en azote et en hydrogène.

Les lingots ou brames sont alors laminés à chaud après réchauffage aux environs de 1200°C, et par exemple entre 1150°C et 1250°C pour obtenir des bandes laminées à chaud de quelques millimètres d'épaisseur, et par exemple d'environ 4,5 mm d'épaisseur.

Les bandes laminées à chaud sont décapées puis laminées à froid avec un ou plusieurs recuits de recristallisation pour obtenir des bandes laminées à froid d'épaisseur inférieure à 1 mm, et par exemple de 0,4 mm ou de 0,2 mm d'épaisseur.

Le dernier traitement de recuit de recristallisation intermédiaire est effectué à une épaisseur telle que la bande laminée à froid ait un taux d'écrouissage supérieur à 30% et mieux supérieur à 40%.

La bande ainsi écrouie est recuite, par exemple au four à passage, pour obtenir un grain fin d'indice ASTM supérieur à 8 (correspondant à un diamètre moyen des grains inférieur à 20 microns), et mieux supérieur à 10 (correspondant à un diamètre moyen des grains inférieur à 10 microns); la taille de grain étant déterminée selon la norme ASTM E112.

Le traitement de recuit destiné à obtenir un grain fin est réalisé sous atmosphère protectrice en ajustant convenablement les paramètres température et durée. Ces paramètres dépendent des conditions particulières de réalisation du traitement thermique et l'homme du métier sait déterminer ces paramètres dans chaque cas particulier. Dans le cas d'un traitement réalisé dans un four à passage en continu, la durée (c'est à dire le temps de séjour d'un point quelconque de la bande dans le four) est comprise entre 10s et 1 minute, et la température de consigne du

four est comprise entre 900°C et 1100°C; l'atmosphère du four peut être de l'argon avec une température de rosée inférieure de préférence à - 50°C.

Afin d'améliorer la planéité de la bande et, si nécessaire, de parfaire la transformation martensitique, la bande peut, en outre, être soumise à un laminage à froid léger avec un taux de réduction compris entre 1% et 10%, ce qui conduit à un  
5   taux d'écrouissage de même valeur.

On peut alors découper dans la bande une pièce et mettre en forme cette pièce, par exemple par pliage, puis effectuer sur celle-ci un traitement de durcissement consistant en un maintien entre 450 et 550°C pendant 1 à 10heures. A  
10   noter que, lorsque la température de traitement se situe dans la partie supérieure de la plage de température (500 à 550°C), la ductilité est améliorée et la limite élastique est légèrement abaissée.

Le traitement de durcissement peut également être effectué au four à passage à une température comprise entre 600°C et 700°C pendant un temps compris entre  
15   30 secondes et 3 minutes.

On obtient ainsi une pièce constituée d'un métal ayant une limite d'élasticité élevée et une tenue à la fatigue excellente.

Pendant le traitement de durcissement ou après celui-ci, la pièce peut être durcie en surface par un traitement de nitruration réalisé par un maintien de  
20   quelques heures vers 500°C dans un mélange gazeux réactif riche en azote.

Dans une variante, des ébauches de pièces peuvent être découpées dans des bandes laminées à froid d'épaisseur supérieure à l'épaisseur finale voulue pour les pièces. Ces ébauches sont mises en forme, éventuellement soudées, puis laminées à froid jusqu'à l'épaisseur finale de façon à avoir un taux d'écrouissage supérieur à  
25   30% ou mieux supérieur à 40%. Les pièces sont alors recuites dans les mêmes conditions que ce qui vient d'être décrit, de façon à obtenir un grain fin d'indice ASTM supérieur à 8, ou mieux supérieur à 10, puis soumises à un traitement de durcissement comme indiqué ci-dessus. La limite d'élasticité obtenue est élevée et la tenue à la fatigue est excellente.

On peut également fabriquer des pièces par découpage, par exemple par  
30   découpage chimique, dans des bandes durcies. L'ensemble du procédé, y compris le traitement thermique de durcissement, est alors appliqué à la bande. Ces pièces sont, par exemple, des grilles support de circuits intégrés.

L'acier maraging qu'il est préférable d'utiliser pour obtenir de très bonnes propriétés en fatigue et une limite d'élasticité supérieure à 1850 MPa, contient principalement, en % en poids:

- de 12% à 24,5% de nickel,
- 5 - de 2,5% à 12% de molybdène,
- de 4,17% à 20% de cobalt,

le reste étant du fer et des impuretés ou des éléments résiduels en faible quantité résultant de l'élaboration.

10 Afin d'obtenir un point Ms (température de début de transformation martensitique) voisin de 200°C, les teneurs en nickel et molybdène doivent être telles que  $20\% \leq \text{Ni} + \text{Mo} \leq 27\%$ , et de préférence telles que  $22\% \leq \text{Ni} + \text{Mo} \leq 25\%$ .

Afin d'obtenir une limite d'élasticité, après traitement thermique de durcissement, supérieure à 1850 MPa, les teneurs en cobalt et molybdène doivent être telles que  $\text{Co} \times \text{Mo} \geq 50$ , et de préférence telles que  $\text{Co} \times \text{Mo} \geq 70$ . En effet, plus  
15 ce produit est élevé, plus la limite d'élasticité est élevée. Mais, pour obtenir une ductilité suffisante, les teneurs en cobalt et molybdène doivent être telles que  $\text{Co} \times \text{Mo} \leq 200$ , et de préférence telles que  $\text{Co} \times \text{Mo} \leq 120$ . Ces valeurs correspondent respectivement à des limites d'élasticité inférieures à environ 3000 MPa et 2500 MPa.

20 Le molybdène a un effet favorable sur le durcissement par nitruration en surface. Pour obtenir un bon durcissement, la teneur en molybdène doit, de préférence, être supérieure à 4%, et mieux supérieure à 6%. Mais, il est préférable qu'elle reste inférieure à 8% pour limiter les problèmes de ségrégation et pour faciliter les opérations de transformation à chaud ainsi que pour améliorer la ductilité  
25 du produit final. Deux plages préférentielles de teneurs en molybdène peuvent être définies:

- 4,17 à 6 % de Mo qui correspond à des produits possédant une très bonne aptitude à la transformation à chaud et à froid ainsi qu'un très bon compromis entre limite élastique élevée et bonne ductilité et ténacité.
- 30 - 6 à 8 % de Mo qui correspond à des aciers à très haute limite élastique ou plus économiques car de teneur réduite en cobalt.

En combinant toutes ces conditions, on peut définir les domaines de composition préférentiels suivants pour les éléments principaux:

1) afin d'obtenir une limite d'élasticité supérieure à 1850 MPa et une aptitude moyenne au durcissement par nitruration:

$$17\% \leq \text{Ni} \leq 20\%$$

$$4,17\% \leq \text{Mo} \leq 6\%$$

$$13\% \leq \text{Co} \leq 17\%$$

$$20\% \leq \text{Ni} + \text{Mo} \leq 27\%$$

$$\text{Co} \times \text{Mo} \geq 50$$

2) afin d'obtenir une limite d'élasticité supérieure à 1850 MPa et une aptitude forte au durcissement par nitruration:

$$15\% \leq \text{Ni} \leq 17\%$$

$$6\% \leq \text{Mo} \leq 8\%$$

$$8,75\% \leq \text{Co} \leq 13\%$$

$$20\% \leq \text{Ni} + \text{Mo} \leq 27\%$$

$$\text{Co} \times \text{Mo} \geq 50$$

3) afin d'obtenir une limite d'élasticité supérieure à 2000 MPa et un point Ms plus favorable:

$$15\% \leq \text{Ni} \leq 21\%$$

$$4,17\% \leq \text{Mo} \leq 8\%$$

$$8,75\% \leq \text{Co} \leq 17,5\%$$

$$22\% \leq \text{Ni} + \text{Mo} \leq 25\%$$

$$\text{Co} \times \text{Mo} \geq 70$$

4) afin d'obtenir une limite d'élasticité supérieure à 2000 MPa et un point Ms plus favorable et une aptitude moyenne au durcissement par nitruration:

$$17\% \leq \text{Ni} \leq 20\%$$

$$4\% \leq \text{Mo} \leq 6\%$$

$$13\% \leq \text{Co} \leq 17,5\%$$

$$22\% \leq \text{Ni} + \text{Mo} \leq 25\%$$

$$\text{Co} \times \text{Mo} \geq 70$$

5) afin d'obtenir une limite d'élasticité supérieure à 2000 MPa et un point Ms plus favorable et une aptitude forte au durcissement par nitruration:

$$15\% \leq \text{Ni} \leq 17\%$$

$$6\% \leq \text{Mo} \leq 8\%$$

$$8,75\% \leq \text{Co} \leq 13\%$$

$$22\% \leq \text{Ni} + \text{Mo} \leq 25\%$$

$$\text{Co} \times \text{Mo} \geq 70$$

Outre les éléments principaux dont les domaines de composition viennent d'être décrits, les éléments résiduels doivent être contrôlés de façon rigoureuse pour obtenir de bonnes propriétés de ductilité et de résistance à la fatigue. Ces limitations

5 sont notamment :

$$\text{Al}\% \leq 0,15\%$$

$$\text{Ti} \leq 0,1\%$$

$$\text{N} \leq 0,003\%$$

$$\text{Si} \leq 0,1\%$$

10  $\text{Mn} \leq 0,1\%$

$$\text{C} \leq 0,005\%$$

$$\text{S} \leq 0,001\%$$

$$\text{P} \leq 0,005\%$$

$$\text{H} \leq 0,0003\%$$

15  $\text{O} \leq 0,001\%$

Pour chacun de ces éléments la teneur minimale peut être 0% ou des traces.

De plus, et pour obtenir une tenue à la fatigue améliorée des courroies, les teneurs en azote et titane doivent être telles que :  $\text{Ti} \times \text{N} \leq 2 \times 10^{-4}$ , ou mieux,  $\leq 1 \times 10^{-4}$ .

20 A titre d'exemple et de comparaison, on a réalisé des bandes en acier maraging de composition :

Ni=18,1% Co=16,2% Mo=5,3% Al=0,020% Ti=0,013% Si=0,03% Mn=0,03%  
C=0,003% Ca<0,0005% S=0,0007% P=0,002 N=0,0023% O<0,001%  
H<0,0001%, le reste étant du fer et des impuretés. Ces impuretés sont notamment le cuivre et le chrome dont les teneurs sont : Cu=0,07% et Cr=0,06%.

25 Le point de transformation martensitique Ms de cette coulée est égal à +195°C.

Ces bandes ont été laminées à froid jusqu'à l'épaisseur de 0,4mm, avec un taux d'écrouissage final de 70%.

30 Une première bande A, donnée à titre d'exemple, a été recuite au four à passage sous hydrogène à 1020°C pendant 1 minute pour obtenir un grain fin d'indice ASTM 11 puis durcie par maintien à 490°C pendant 3 heures.

Une deuxième bande B, donné à titre de comparaison, a été recuite au four à passage à 1150°C pendant 1 minute pour obtenir un grain grossier d'indice ASTM 7 puis durcie par maintien à 490°C pendant 3 heures.



Des essais comparatifs de tenue en fatigue ont été réalisés avec les bandes A et B par traction ondulée, à 25 hertz, avec une contrainte maximale de 750 MPa et une contrainte minimale de 75 MPa.

5 Pour la bande A conforme à l'invention, la limite de fatigue a été supérieure à  $8 \times 10^8$  cycles, alors que pour la bande B, la limite de fatigue était égale à  $5 \times 10^8$  cycles. Ces résultats montrent l'intérêt d'un grain fin pour améliorer la tenue à la fatigue de ces bandes.

Les bandes A et B avaient toutes les deux une limite d'élasticité supérieure à 1850 MPa.

10 Afin de mettre en évidence l'intérêt particulier de la composition chimique préférentielle de l'acier maraging conformément à l'invention, on a également fabriqué une bande en acier maraging contenant 18% de nickel, 9% de cobalt, 5% de molybdène, 0,5% de titane et 0,1% d'aluminium. Cette bande a été fabriquée par le procédé selon l'invention, le grain avait un indice ASTM de 10 et la limite  
15 d'élasticité était de 1910 MPa. La limite de fatigue mesurée dans les mêmes conditions d'essai que dans le cas précédent était de  $2 \times 10^8$  cycles.

Ces bandes peuvent avantageusement être utilisées pour fabriquer des courroies ou tout autre produit, tel que des grilles support de circuits intégrés.

A titre d'exemple, avec des bandes conformes à l'invention on a fabriqué des  
20 courroies de transmission pour moteur à combustion interne constituées de cavaliers maintenus par des anneaux constitués de bandes étroites conformes à l'invention et dont les deux extrémités sont soudées. Ces courroies ont une durée de vie plus de dix fois supérieure à la durée de vie de courroies identiques mais fabriquées avec des bandes en acier maraging conforme à l'art antérieur.

## REVENDEICATIONS

1— Procédé pour la fabrication d'une bande ou d'une pièce découpée dans  
une bande en acier maraging laminée à froid et durcie par un traitement thermique  
de durcissement, caractérisé en ce que, avant d'effectuer le traitement thermique de  
durcissement, on soumet la bande ou la pièce à une déformation plastique à froid  
avec un taux d'écrouissage supérieur à 30% et on soumet la bande ou la pièce à un  
recuit de recristallisation de façon à obtenir un grain fin d'indice ASTM supérieur à 8,  
la composition chimique de l'acier comprenant, en % en poids :

$$12\% \leq \text{Ni} \leq 24,5\%$$

$$2,5\% \leq \text{Mo} \leq 12\%$$

$$4,17\% \leq \text{Co} \leq 20\%$$

$$\text{Al}\% \leq 0,15\%$$

$$\text{Ti} \leq 0,1\%$$

$$\text{N} \leq 0,003\%$$

$$\text{Si} \leq 0,1\%$$

$$\text{Mn} \leq 0,1\%$$

$$\text{C} \leq 0,005\%$$

$$\text{S} \leq 0,001\%$$

$$\text{P} \leq 0,005\%$$

$$\text{H} \leq 0,0003\%$$

$$\text{O} \leq 0,001\%$$

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, la composition  
chimique satisfaisant en outre les relations :

$$20\% \leq \text{Ni} + \text{Mo} \leq 27\%$$

$$50 \leq \text{Co} \times \text{Mo} \leq 200$$

$$\text{Ti} \times \text{N} \leq 2 \times 10^{-4}$$

2 – Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que, après le recuit de  
recristallisation, on soumet la bande ou la pièce à un laminage à froid avec un taux  
de réduction compris entre 1% et 10%.

3 – Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2 caractérisé en ce que l'acier maraging est refondu sous vide par le procédé VAR ou refondu une première fois sous vide par le procédé VAR ou sous laitier électroconducteur par le procédé ESR et refondu une seconde fois sous vide par le procédé VAR.

5

4 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que le traitement thermique de durcissement consiste en un maintien entre 450°C et 550°C pendant 1 à 10 heures.

10

5 – Procédé selon la revendication 4 caractérisé en ce que pendant le traitement thermique de durcissement ou après celui-ci, on durcit la surface de la pièce par nitruration.

15

6 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que le traitement thermique de durcissement est effectué au four à passage à une température comprise entre 600°C et 700°C pendant un temps compris entre 30 secondes et 3 minutes.

20

7 - Procédé selon la revendication 6 caractérisé en ce que après le traitement thermique de durcissement, on durcit la surface de la pièce par nitruration.

8 - Bande ou pièce, d'épaisseur inférieure à 1 mm, en acier maraging caractérisé en ce que l'acier dont est constitué la bande ou la pièce a un grain fin d'indice ASTM supérieur à 8 et en ce que la composition de l'acier comprend, en % en poids :

25

$$12\% \leq \text{Ni} \leq 24,5\%$$

$$2,5\% \leq \text{Mo} \leq 12\%$$

$$4,17\% \leq \text{Co} \leq 20\%$$

30

$$\text{Al}\% \leq 0,15\%$$

$$\text{Ti} \leq 0,1\%$$

$$\text{N} \leq 0,003\%$$

$$\text{Si} \leq 0,1\%$$

$$\text{Mn} \leq 0,1\%$$

II

$$C \leq 0,005\%$$

$$S \leq 0,001\%$$

$$P \leq 0,005\%$$

$$H \leq 0,0003\%$$

$$O \leq 0,001\%$$

5

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, la composition chimique satisfaisant en outre les relations :

$$20\% \leq Ni + Mo \leq 27\%$$

$$50 \leq Co \times Mo \leq 200$$

10

$$Ti \times N \leq 2 \times 10^{-4}$$

L'acier ayant une limite d'élasticité après durcissement supérieur à 1850 MPa.

9 – Courroie de transmission comportant au moins une bande ou une pièce conforme à la revendication 8

15

10 - Grille support de circuits intégrés constituée d'une pièce conforme à la revendication 1.

20

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

01/03595

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 C21D8/02 C22C38/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C21D C22C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, CHEM ABS Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	EP 1 111 080 A (HITACHI METALS LTD) 27 June 2001 (2001-06-27) the whole document	1-9
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 423 (C-638), 20 September 1989 (1989-09-20) & JP 01 162726 A (KOBE STEEL LTD), 27 June 1989 (1989-06-27) abstract	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 399 (C-632), 5 September 1989 (1989-09-05) & JP 01 142052 A (SUMITOMO METAL IND LTD), 2 June 1989 (1989-06-02) abstract	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 April 2002

Date of mailing of the international search report

11/04/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patenilaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mollet, G

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR 01/03595

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 399 (C-632), 5 September 1989 (1989-09-05) & JP 01 142021 A (SUMITOMO METAL IND LTD), 2 June 1989 (1989-06-02) abstract -----	
A	GB 936 557 A (MOND NICKEL CO LTD) 11 September 1963 (1963-09-11) -----	
A	US 5 792 286 A (YAMANOUCHI NAOTSUGU ET AL) 11 August 1998 (1998-08-11) -----	
A	EP 0 931 844 A (IMPHY SA) 28 July 1999 (1999-07-28) -----	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.  
PCT/JP 01/03595

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1111080	A	27-06-2001	EP 1111080 A2	27-06-2001
			JP 2001240943 A	04-09-2001
			JP 2001240944 A	04-09-2001
			US 2001006081 A1	05-07-2001
JP 01162726	A	27-06-1989	NONE	
JP 01142052	A	02-06-1989	NONE	
JP 01142021	A	02-06-1989	NONE	
GB 936557	A	11-09-1963	US 3093519 A	11-06-1963
			CH 416126 A	30-06-1966
			LU 41032 A1	11-04-1962
US 5792286	A	11-08-1998	WO 9312263 A1	24-06-1993
			JP 2830472 B2	02-12-1998
EP 0931844	A	28-07-1999	FR 2774099 A1	30-07-1999
			EP 0931844 A1	28-07-1999
			JP 11256278 A	21-09-1999
			US 6080359 A	27-06-2000

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

ernationale No  
01/03595

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 C21D8/02 C22C38/10

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 C21D C22C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, CHEM ABS Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
P, X	EP 1 111 080 A (HITACHI METALS LTD) 27 juin 2001 (2001-06-27) le document en entier	1-9
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 423 (C-638), 20 septembre 1989 (1989-09-20) & JP 01 162726 A (KOBE STEEL LTD), 27 juin 1989 (1989-06-27) abrégé	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 399 (C-632), 5 septembre 1989 (1989-09-05) & JP 01 142052 A (SUMITOMO METAL IND LTD), 2 juin 1989 (1989-06-02) abrégé	
	--- -/-	



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

\*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

\*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

\*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

\*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

3 avril 2002

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

11/04/2002

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Mollet, G



• RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

I e Internationale No  
PCI/FR 01/03595

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 399 (C-632), 5 septembre 1989 (1989-09-05) & JP 01 142021 A (SUMITOMO METAL IND LTD), 2 juin 1989 (1989-06-02) abrégé ----	
A	GB 936 557 A (MOND NICKEL CO LTD) 11 septembre 1963 (1963-09-11) ----	
A	US 5 792 286 A (YAMANOUCHI NAOTSUGU ET AL) 11 août 1998 (1998-08-11) ----	
A	EP 0 931 844 A (IMPHY SA) 28 juillet 1999 (1999-07-28) -----	

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs

aux membres de familles de brevets

Internationale No  
R 01/03595

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1111080	A	27-06-2001	EP 1111080 A2	27-06-2001
			JP 2001240943 A	04-09-2001
			JP 2001240944 A	04-09-2001
			US 2001006081 A1	05-07-2001
JP 01162726	A	27-06-1989	AUCUN	
JP 01142052	A	02-06-1989	AUCUN	
JP 01142021	A	02-06-1989	AUCUN	
GB 936557	A	11-09-1963	US 3093519 A	11-06-1963
			CH 416126 A	30-06-1966
			LU 41032 A1	11-04-1962
US 5792286	A	11-08-1998	WO 9312263 A1	24-06-1993
			JP 2830472 B2	02-12-1998
EP 0931844	A	28-07-1999	FR 2774099 A1	30-07-1999
			EP 0931844 A1	28-07-1999
			JP 11256278 A	21-09-1999
			US 6080359 A	27-06-2000